

Zofia UZIAK i Maria SZYMAŃSKA

**Wpływ siarki na wykorzystanie azotu mineralnego
oraz wiązanego symbiotycznie przez koniczynę i seradęłę**

Влияние серы на использование минерального азота и азота, симбиотически
соединенного клевером и анчоусом

The Influence of Sulphur on the Utilization of Mineral Nitrogen
and of that Symbiotically Assimilated by Clover and Serradella

Właściwe zaopatrzenie roślin w siarkę ze względu na jej udział w syntezie związków organicznych, głównie białek, odgrywa ogromną rolę. Dlatego też szczególnego znaczenia nabiera zapewnienie siarki roślinom obficie zaopatrzonym w azot (7, 8, 17, 19). Roślinami takimi są właśnie motylkowe, które niezależnie od zastosowanego nawożenia, dzięki współżyciu z bakteriami *Rhizobium* mogą korzystać pośrednio z nieograniczonego źródła azotu, jakim jest atmosfera. Dotychczasowe badania nad wpływem siarki na gospodarkę azotową roślin motylkowych dotyczyły głównie lucerny (1, 2, 3, 4, 11, 12, 14, 15, 18, 20).

W związku z tym podjęto badania, których celem było porównanie wpływu różnych poziomów siarki w środowisku na zdolność wykorzystania azotu mineralnego oraz wiązanego symbiotycznie przez koniczynę i seradęłę. Ponadto starano się określić, jak zróżnicowane żywienie siarkowe wpływa na gospodarkę azotową roślin doświadczalnych oraz stosunek N/S w masie wegetacyjnej.

MATERIAŁ I METODYKA

Materiałem doświadczalnym była koniczyna czerwona odmiany Hruszowska oraz seradela odmiany Różowa, rośliny różniące się między sobą wymaganiami pokarmowymi. Koniczyna wykazuje, jak wiadomo, znacznie większe zapotrzebowanie na składniki pokarmowe niż seradela.

Przeprowadzono trzy doświadczenia wegetacyjne w następujących terminach: 29 IV—28 VI 1970 r., 24 III—23 V 1971 r. i 20 IV—18 VI 1972 r.; wszystkie w warunkach kameralnych, gdzie źródłem światła były lampy jarzeniowe dające światło o natężeniu 9 000 luksów. Rośliny (12 szt.) rosły w doniczkach wypełnionych piaskiem, dokładnie wypłukanym wodą destylowaną. Na jedną doniczkę, czyli na 1,5 kg piasku, podano składniki mineralne w następujących ilościach i formach: 400 mg CaO — CaCO₃, 100 mg P₂O₅ — KH₂O₄, 150 mg K₂O — KH₂PO₄ i KCl, 40 mg MgO — MgCl₂ oraz mikroelementy po 5 ml 1% roztworu cytrynianu żelaza i roztworu A-Z. Stosowanie azotu i siarki w doświadczeniach przedstawiono schematycznie (tab. 1).

Tab. 1. Schemat stosowania siarki i azotu w doświadczeniach
A scheme of the application of sulphur and nitrogen in the experiments

Siarka w formie K ₂ SO ₄ mg S/1 doniczkę Sulphur in the form of K ₂ SO ₄ mg S/1 flower pot	Azot w formie		Oznaczenie serii doświadczalnych używane w pracy Denotations of the experimental series used in the paper
	NH ₄ NO ₃ mg N/doniczkę NH ₄ NO ₃ mg N/flower pot	wiązany sym- biotycznie N ₂ * symbiotically assimilated N ₂ *	
	—	symbiotyczny symbiotic	1S/1N
3	100	symbiotyczny symbiotic	1S/2N
	250	—	1S/3N
	—	symbiotyczny symbiotic	2S/1N
30	100	symbiotyczny symbiotic	2S/2N
	250	—	2S/3N
	—	symbiotyczny symbiotic	3S/1N
60	100	symbiotyczny symbiotic	3S/2N
	250	—	3S/3N

* Rośliny korzystające z azotu wiązanego symbiotycznie w fazie dwu fiści zaszczerpiono właściwym szczepem *Rhizobium*.

* Plants utilizing the symbiotically assimilated nitrogen in the two leaf phase grafted with the true *Rhizobium* seedling.

Rośliny podlewano wodą destylowaną, utrzymując wilgotność piasku na poziomie 60% pełnej pojemności wodnej. Zbioru roślin dokonywano zawsze w początkowej fazie kwitnienia. Po oddzieleniu korzeni od piasku oceniano stan brodawkowania. Uzyskany materiał roślinny suszono, a następnie ustalano wagowo plony

suchej masy części nadziemnych, korzeni i brodawek. Wyniki, zestawione w tab. 2, są średnimi z 5 powtórzeń. W oparciu o uzyskany materiał liczbowy przeprowadzono obliczenia statystyczne metodą dwóch zmiennych niezależnych i ustalono wartość najmniejszej istotnej różnicy (μt) pomiędzy średnimi plonami poszczególnych serii doświadczalnych.

W powietrznie suchej masie części nadziemnych i korzeni oznaczono procentową zawartość azotu ogólnego i białkowego metodą Kjeldahla oraz siarki — metodą Worda i Johnsona (5). W brodawkach zaś z uwagi na bardzo małą ich masę oznaczono tylko N ogólny (tab. 3 i 4). Następnie określono ilości azotu ogólnego, białkowego oraz siarki zgromadzonej w plonach roślin (ryc. 5, 6, 7). Porównując ilości tych składników nagromadzone w częściach nadziemnych i korzeniach obliczono udział procentowy azotu białkowego w ogólnym, a także stosunek N ogólnego do S ogólnej (tab. 3 i 4).

PRZEBIEG WEGETACJI ROŚLIN

Reakcja roślin, zarówno na zróżnicowane żywienie azotowe, jak i siarkowe, wystąpiła u koniczyny w trzecim tygodniu wegetacji, a u seradeli — w czwartym. Rośliny koniczyny znajdujące głodową dawkę siarki były wiotkie, wybujałe, o żółtozielonych liściach. Objawy te wystąpiły w najmniejszym stopniu u roślin korzystających równocześnie z azotu mineralnego i wiązanego symbiotycznie, natomiast szczególnie wyraźnie u roślin zasilanych wyłącznie azotem mineralnym (ryc. 1).



Ryc. 1. Koniczyna w warunkach głodu siarkowego przy zróżnicowanym żywieniu azotowym: 4 — 1 S/1 N, 13 — 1 S/2 N, 26 — 1 S/3 N

Clover abundantly supplied in sulphur with a varied nitrogen nutrition: 53 — 2
13 — 1 S/2 N, 26 — 1 S/3 N

Zwiększone dawki siarki wpływały bardzo korzystnie na wegetację roślin, przy czym rośliny serii z największą koncentracją siarki charakteryzowała najintensywniejsza zieleń liści i zahamowany wzrost elongacyj-

ny. W przypadku zastosowania siarki w ilościach 30 lub 60 mg S/doniczkę przebieg wegetacji roślin był głównie uzależniony od żywienia azotowego. W związku z tym rośliny korzystające wyłącznie z azotu wiązanego symbiotycznie były mniej wyrosnięte od pozostałych roślin. Nie wystąpiły natomiast wyraźne różnice pomiędzy pokrojem roślin korzystających równocześnie z dwu źródeł azotu a koniczyną obficie zasilaną wyłącznie azotem mineralnym (ryc. 2).



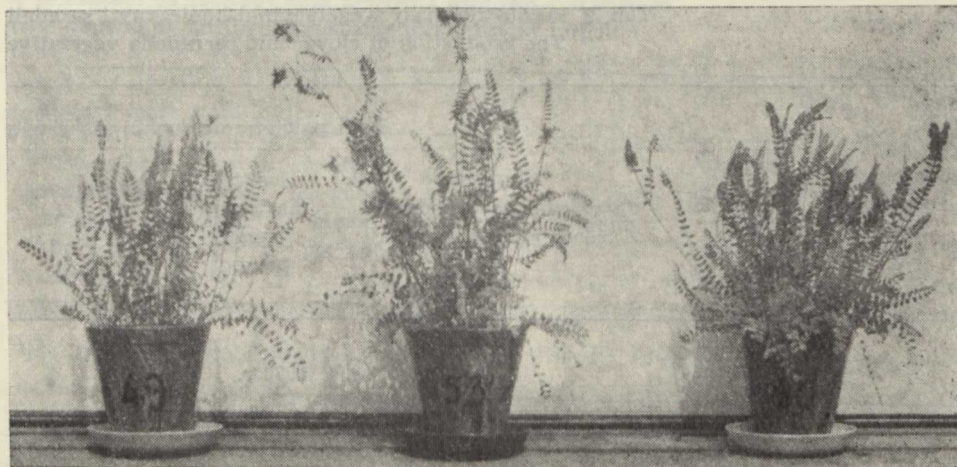
Ryc. 2. Koniczyna obficie zaopatrzona w siarkę przy zróżnicowanym żywieniu azotowym: 53 — 2 S/1 N, 67 — 2 S/2 N, 84 — 2 S/3 N
Clover abundantly supplied in sulphur with a varied nitrogen nutrition: 53 — 2 S/1 N, 67 — 2 S/2 N, 84 — 2 S/3 N

Braki siarki w środowisku odżywczym wpłynęły również ujemnie na wegetację seradeli, przy czym najwyraźniej objawy te wystąpiły u roślin korzystających wyłącznie z azotu wiązanego symbiotycznie. Natomiast rośliny obficie zaopatrzone w azot w warunkach głodu siarkowego przyspieszały rozwój generatywny. Mimo jednak tego, że wcześniej zawiązały pąki kwiatowe, do końca doświadczenia nie przeszły w pełnię kwitnienia (ryc. 3).

Dodatni wpływ siarki na wegetację seradeli był również wyraźny (ryc. 4). Nawet najwyższa koncentracja siarki (60 mg S/doniczkę) nie hamowała wzrostu, co obserwowano u koniczyny.

PLONY MASY WEGETACYJNEJ

Produkcja masy wegetacyjnej koniczyny i seradeli była uzależniona od zastosowanego zróżnicowanego żywienia azotowo-siarkowego w tym stopniu, że różnice pomiędzy średnimi plonami poszczególnych serii doświadczalnych w wielu wypadkach były udowodnione statystycznie (tab. 2).



Ryc. 3. Seradela w warunkach głodu siarkowego przy zróżnicowanym żywieniu azotowym: 49 — 1 S/1 N, 53 — 1 S/2 N, 60 — 1 S/3 N
 Serradella in sulphur shortage conditions with a varied nitrogen nutrition: 49 — 1 S/1 N, 53 — 1 S/2 N, 60 — 1 S/3 N

Najniższe plony części nadziemnych i korzeni uzyskano we wszystkich doświadczeniach w seriach z głodową dawką siarki, przy czym braki siarki ograniczały plonowanie koniczyny w wyższym stopniu niż seradeli.

Najwyższe plonowanie obu roślin doświadczalnych wystąpiło w seriach z dawką siarki 30 mg/doniczkę, przy czym koniczyna osiągała maksimum plonowania, gdy korzystała z obu źródeł azotu — mineralnego i wiązane-



Ryc. 4. Seradela obficie zaopatrzona w siarkę przy zróżnicowanym żywieniu azotowym: 65 — 2 S/1 N, 68 — 2 S/2 N, 75 — 2 S/3 N
 Serradella abundantly supplied with sulphur with a varied nitrogen nutrition: 65 — 2 S/1 N, 68 — 2 S/2 N, 75 — 2 S/3 N

Tab. 2. Produkcja masy vegetacyjnej koniczyny i seradeli
The production of clover and serradella vegetative

Stosowana dawka Dose	Plon powietrznie suchej masy w g				
	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	brodawki papilla	średnio na wazon mean per pot	części nadziemne above ground parts
29 IV — 28 VI 1970 r.					
Koniczyna					
1S/1N	1,90	0,70	0,07	2,67	2,03
1S/2N	3,98	1,54	0,02	5,54	3,39
1S/3N	2,28	1,02	—	3,30	4,26
2S/1N	3,86	0,74	0,11	4,61	6,08
2S/2N	4,83	1,23	0,09	6,15	6,30
2S/3N	4,34	1,26	—	5,60	6,70
3S/1N	3,42	0,79	0,10	4,31	4,90
3S/2N	3,58	1,36	0,09	6,03	6,21
3S/3N	4,63	1,18	—	5,81	5,64
$\mu t = 0,98$ przy (when) $P = 0,95$					
Seradela —					
1S/1N	1,95	0,50	0,12	2,57	2,40
1S/2N	3,26	1,14	0,09	4,49	3,12
1S/3N	3,95	1,30	—	5,25	3,86
2S/1N	2,50	0,90	0,35	3,75	3,39
2S/2N	3,85	1,09	0,18	5,12	4,80
2S/3N	4,20	1,30	—	5,50	5,86
3S/1N	2,45	0,85	0,52	3,82	3,49
3S/2N	3,64	1,11	0,24	4,99	4,75
3S/3N	4,12	1,05	—	5,17	5,12
$\mu t = 0,67$ przy (when) $P = 0,95$					

w zależności od zastosowania żywienia azotowo-siarkowego
 mass depending on the applied nitrogen-sulphur nutrition

— Air-dry mass yield in q

korzenie roots	brodawki papilla	średnio na wazon mean per pot	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	brodawki papilla	średnio na wazon mean per pot
24 III — 23 V 1971 r.						
20 IV — 18 VI 1972 r.						

— Clover

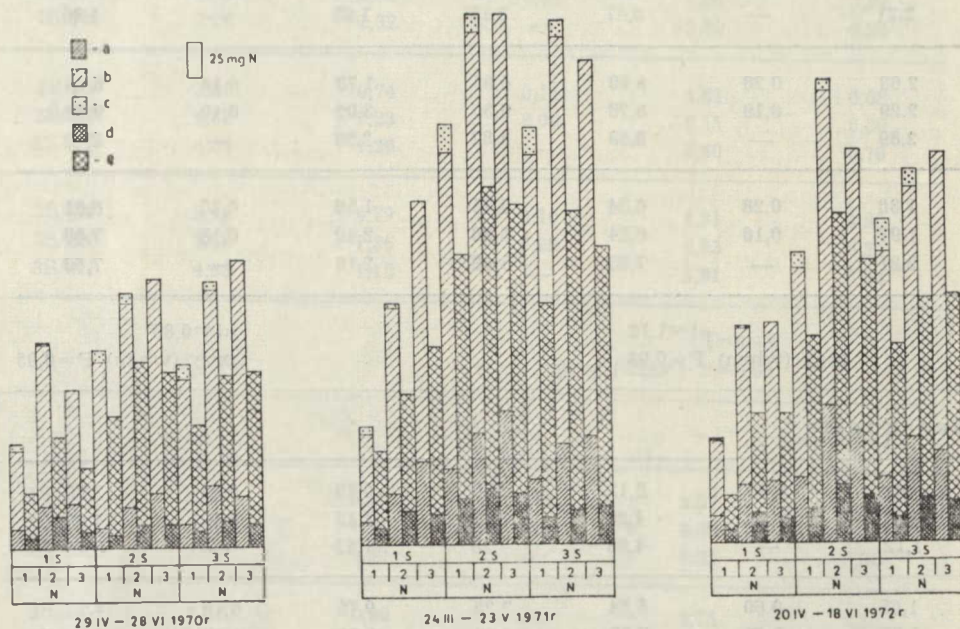
1,03	0,06	3,12	2,00	1,27	0,07	3,34
1,91	0,04	5,34	3,68	2,20	0,03	5,91
2,21	—	6,47	3,15	1,65	—	4,80
2,63	0,28	8,99	4,95	1,70	0,14	6,79
2,29	0,19	8,78	6,30	3,02	0,10	9,42
2,89	—	9,59	5,82	2,60	—	8,42
1,36	0,28	6,54	4,75	1,56	0,30	6,61
1,97	0,16	8,24	5,30	2,40	0,18	7,88
2,21	—	7,85	5,48	2,12	—	7,60
$\mu t=1,12$ przy (when) $P=0,95$			$\mu t=0,86$ przy (when) $P=0,95$			

Serradella

0,41	0,30	3,11	2,75	0,70	0,25	3,70
0,86	0,28	4,26	3,62	1,12	0,19	4,93
1,12	—	4,98	4,28	1,42	—	5,70
1,65	0,60	5,64	3,25	0,75	0,70	4,70
1,85	0,42	7,07	4,62	1,21	0,38	6,21
1,73	—	7,59	5,35	1,13	—	6,48
1,75	0,65	5,89	3,45	0,90	0,85	5,20
1,84	0,45	7,04	4,30	1,20	0,50	6,00
1,74	—	6,86	4,96	1,32	—	6,28
$\mu t=1,06$ przy (when) $P=0,95$			$\mu t=0,82$ przy (when) $P=0,95$			

go symbiotycznie, zaś seradela — wyłącznie mineralnego. Największa koncentracja siarki w środowisku (60 mg/doniczkę) wpływała w niewielkim stopniu ograniczająco na produkcję masy vegetacyjnej, głównie koniczyny. Ten ujemny wpływ obfitości siarki okazał się tak niewielki, że różnice pomiędzy średnimi plonami były nie udowodnione statystycznie (tab. 2).

Zawartość siarki w środowisku wpłynęła także wyraźnie na brodawkowanie roślin. Produkcja brodawek korzeniowych u roślin szczepionych *Rhizobium*, niezależnie od tego, czy dodatkowo zasilano je azotem mineralnym, czy też nie, była zahamowana w przypadku braku siarki w środowisku. Rośliny obficie zaopatrzone w siarkę wykazywały znacznie wyższe brodawkowanie, zwłaszcza gdy nie znajdowały w zasięgu korzeni azotu mineralnego. Niezależnie zaś od zastosowanego żywienia mineralnego seradela produkowała więcej brodawek niż koniczyna (tab. 2).



Ryc. 5. Gromadzenie azotu ogólnego i białkowego w plonach koniczyny w zależności od zastosowanego żywienia azotowo-siarkowego; azot ogólny: a — korzenie, b — części nadziemne, c — brodawki, azot białkowy: d — korzenie, e — części nadziemne

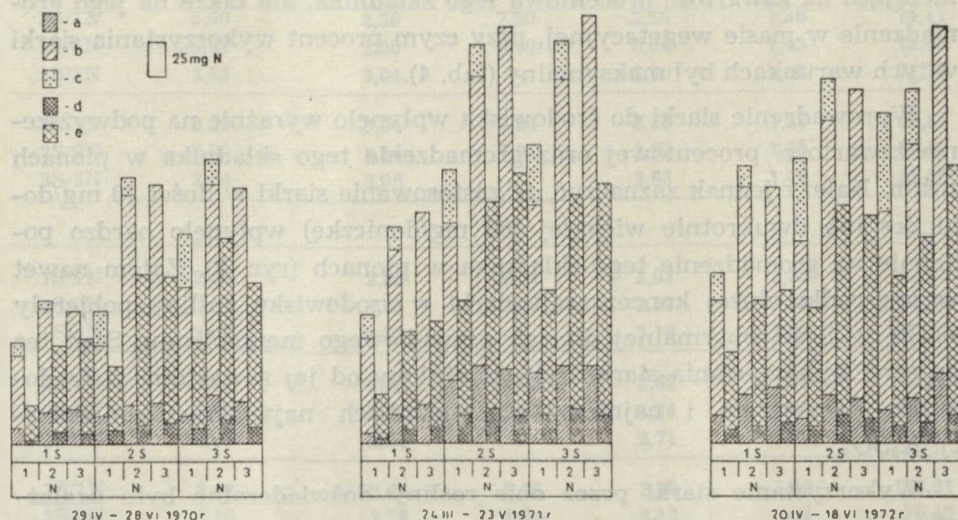
The accumulation of total and protein nitrogen in clover crops depending on the applied nitrogen-sulphur nutrition: a — roots, b — above ground parts, c — nodules; protein nitrogen: d — roots, e — above ground parts

GOSPODARKA AZOTOWA ROŚLIN

Wpływ siarki na gromadzenie azotu przez rośliny doświadczalne był wyraźny, przy czym w mniejszym stopniu zależność ta dotyczyła azotu ogólnego niż białkowego. Wszystkie rośliny rosnące w warunkach niedoboru siarki charakteryzowała niższa zawartość procentowa azotu ogólnego niż rośliny obficie zaopatrzone w siarkę. Zależność ta wystąpiła w mniejszym stopniu u roślin korzystających wyłącznie z azotu mineralnego (tab. 3).

Ilość azotu zgromadzona w plonach była uzależniona nie tylko od wartości procentowej tego składnika, ale także od produkcji masy wegetacyjnej. Stąd też najwięcej azotu ogólnego zgromadziły rośliny obficie zaopatrzone w azot i siarkę. Brak siarki szczególnie niekorzystnie wpływał na gromadzenie azotu przez rośliny korzystające wyłącznie z azotu wiązanego symbiotycznie. Rośliny tych serii charakteryzowały się nie tylko najniższą zawartością procentową azotu ogólnego, ale także najmniej nagromadziły azotu w swoich plonach, zwłaszcza koniczyna (tab. 3, ryc. 5 i 6).

Nie stwierdzono wyraźnego wpływu zróżnicowanego żywienia siarką na udział procentowy N ogólnego w brodawkach korzeniowych. Natomiast działanie siarki wyraźnie zwiększało ilość azotu zgromadzoną w brodawkach korzeniowych, zwłaszcza seradeli (ryc. 6).



Ryc. 6. Gromadzenie azotu ogólnego i białkowego w plonach seradeli w zależności od zastosowanego żywienia azotowo-siarkowego; oznaczenie jak na ryc. 5

The accumulation of total and protein nitrogen in serradella crops depending on the applied nitrogen-sulphur nutrition; denotations as in Fig. 5

Szczególnie korzystnie wpłynęła siarka środowiska na syntezę i gromadzenie związków białkowych przez rośliny doświadczalne. Koniczyna i seradela serii z koncentracją siarki 30 mg/doniczkę, a zwłaszcza 60 mg/doniczkę, wykazywały zarówno znacznie większą zawartość procentową, jak i wyższe gromadzenie azotu białkowego, głównie w częściach nadziemnych, w porównaniu z roślinami wegetującymi w warunkach głodu siarkowego. Ten dodatni wpływ siarki na gromadzenie azotu białkowego wystąpił wyraźniej wtedy, gdy rośliny korzystały z azotu wiązanego symbiotycznie, co wyraziło się między innymi w stosunku azotu białkowego do ogólnego. U roślin bowiem odpowiednio zasilanych siarką udział procentowy azotu białkowego w ogólnym był wyższy wtedy, gdy korzystały one równocześnie z azotu mineralnego i wiązanego symbiotycznie lub wyłącznie symbiotycznego. Natomiast w warunkach głodu siarkowego procentowy udział azotu białkowego w ogólnym był niski, zwłaszcza jeśli rośliny korzystały wyłącznie z azotu wiązanego symbiotycznie (tab. 3).

WYKORZYSTANIE SIARKI

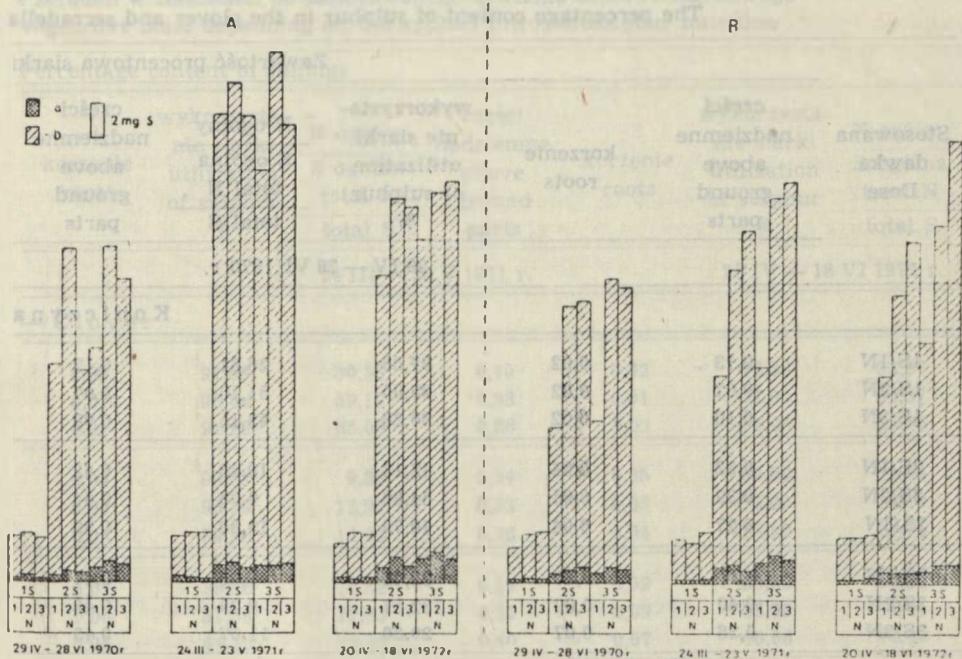
Zawartość procentowa siarki w masie wegetacyjnej roślin była uzależniona od poziomu siarki w środowisku tylko w skrajnych przypadkach. Mianowicie głodowa dawka siarki wpływała nie tylko zdecydowanie ograniczająco na zawartość procentową tego składnika, ale także na jego gromadzenie w masie wegetacyjnej, przy czym procent wykorzystania siarki w tych warunkach był maksymalny (tab. 4).

Wprowadzenie siarki do środowiska wpłynęło wyraźnie na podwyższenie zawartości procentowej oraz gromadzenie tego składnika w plonach roślin. Należy jednak zaznaczyć, że zastosowanie siarki w ilości 30 mg/doniczkę lub dwukrotnie większej (60 mg/doniczkę) wpłynęło bardzo podobnie na gromadzenie tego składnika w plonach (ryc. 7). Zatem nawet w przypadku dużej koncentracji siarki w środowisku rośliny pobierały siarkę w ilości optymalnej dla ich prawidłowego metabolizmu. Stąd też procent wykorzystania siarki był uzależniony od jej zawartości w środowisku odżywczym i najniższy w warunkach największej koncentracji K_2SO_4 .

Wykorzystanie siarki przez obie rośliny doświadczalne było uzależnione w pewnym stopniu od zastosowanego żywienia azotowego. Rośliny obficie zaopatrzone w azot wykazały wyższy procent wykorzystania siarki niż rośliny korzystające wyłącznie z azotu wiązanego symbiotycznie (tab. 4).

Tab. 3. Zawartość procentowa azotu ogólnego oraz białkowego w masie wegetacyjnej koniczyny i seradeli w zależności od zastosowanego żywienia azotowo-siarkowego
The percentage content of total protein nitrogen in the clover and serradella vegetative mass depending on the applied nitrogen-sulphur nutrition

Stosowana dawka Dose	Zawartość procentowa azotu — Percentage content of nitrogen																				
	ogólnego — total			białkowego — protein			Udział procentowy N białkowego w ogólnym Percentage participation of protein N in total	ogólnego — total			białkowego — protein			Udział procentowy N białkowego w ogólnym Percentage participation of protein N in total	ogólnego — total			białkowego — protein			Udział procentowy N białkowego w ogólnym Percentage participation of protein N in total
	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	brodawki nodules	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	części nadziemne above ground parts		korzenie roots	brodawki nodules	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	brodawki nodules	części nadziemne above ground parts		korzenie roots	brodawki nodules	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	brodawki nodules	części nadziemne above ground parts	
	29 IV — 28 VI 1970 r.							24 III — 23 V 1971 r.							20 IV — 18 VI 1972 r.						
	Koniczyna — Clover																				
1S/1N	2,95	1,99	7,45	1,66	1,06	55,00	3,20	1,74	6,23	1,48	1,12	50,60	2,77	1,54	6,93	1,84	0,76	54,67			
1S/2N	2,87	1,97	6,85	1,73	1,12	60,94	3,96	1,96	5,49	2,49	1,28	62,57	2,97	1,95	6,42	1,90	1,02	60,52			
1S/3N	3,48	3,20	—	2,03	1,20	51,78	4,32	2,75	—	2,79	1,20	57,55	3,53	2,80	—	2,36	1,12	58,86			
2S/1N	3,00	2,18	7,68	2,21	1,37	71,96	3,70	2,76	7,01	2,86	1,68	70,27	3,02	2,30	7,20	2,45	1,36	74,11			
2S/2N	3,01	2,51	7,59	2,39	1,45	75,56	4,54	3,53	6,78	3,42	1,54	70,00	3,54	3,20	6,70	3,04	1,43	73,43			
2S/3N	3,52	3,25	—	2,47	1,48	65,46	4,26	3,26	—	3,06	1,26	63,59	3,45	3,04	—	2,86	1,36	71,78			
3S/1N	3,00	2,27	7,79	2,18	1,45	71,07	4,20	3,42	7,10	3,11	1,43	67,86	3,35	3,04	7,24	2,55	1,27	68,89			
3S/2N	2,99	3,35	6,96	2,25	1,49	67,21	4,70	3,70	7,00	3,40	1,31	64,65	3,34	3,14	7,05	2,67	1,38	69,44			
3S/3N	3,64	3,18	—	2,31	1,47	59,91	4,75	3,52	—	3,25	1,30	61,28	3,90	3,06	—	2,68	1,48	61,60			
	Seradela — Serradella																				
1S/1N	2,68	1,65	7,12	1,26	0,50	45,00	2,85	1,98	5,92	1,40	0,97	50,00	3,05	2,82	8,04	2,02	1,30	61,53			
1S/2N	3,04	2,00	6,89	1,86	0,64	55,73	3,72	2,47	5,37	2,28	1,14	59,12	3,94	3,25	7,30	2,47	1,21	56,28			
1S/3N	2,80	1,99	—	1,70	0,67	55,47	3,50	2,40	—	1,96	1,10	54,32	3,35	2,84	—	2,18	1,03	51,85			
2S/1N	3,04	2,13	7,47	2,30	1,16	66,92	3,28	2,74	6,34	2,41	1,19	65,38	3,91	2,46	8,40	2,62	1,58	66,89			
2S/2N	3,89	2,45	7,23	2,46	1,26	61,58	4,30	2,98	6,12	3,07	1,36	66,00	4,23	2,36	8,12	3,24	1,74	74,34			
2S/3N	3,60	2,40	—	2,20	1,22	61,58	4,18	3,10	—	2,94	1,20	64,94	4,12	2,94	—	2,71	1,62	64,42			
3S/1N	3,42	2,24	7,50	2,50	1,33	75,78	3,42	2,24	6,54	2,69	1,27	71,73	4,02	2,67	8,26	3,10	1,48	73,61			
3S/2N	4,10	3,21	7,12	3,26	1,58	74,05	4,32	3,05	6,11	3,21	1,36	67,82	4,19	2,72	8,04	3,12	1,34	70,42			
3S/3N	3,69	2,90	—	2,49	1,24	63,73	4,86	3,23	—	3,24	1,30	61,97	4,99	3,78	—	3,59	1,45	66,32			



Ryc. 7. Gromadzenie siarki ogólnej w plonach A — koniczyny, B — seradeli w zależności od zastosowanego żywienia azotowo-siarkowego, a — korzenie, b — części nadziemne

The accumulation of total sulphur in crops: A — clover, B — serradella depending on the applied nitrogen-sulphur nutrition, a — roots, b — above ground parts

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki upoważniają do stwierdzenia, że niezależnie od zastosowanego żywienia azotowego wpływ siarki na gospodarkę azotową roślin był istotny. Właściwe bowiem wykorzystanie azotu warunkowało odpowiednie zaopatrzenie roślin w siarkę. To dodatkowo działanie siarki na gospodarkę azotową roślin doświadczalnych wyraziło się nie tylko w produkcji masy wegetacyjnej o wysokiej zawartości azotu, ale także w stosunku azotu białkowego do ogólnego zgromadzonego w plonach (tab. 3).

Gromadzenie w roślinach azotu mineralnego oraz organicznego niebiałkowego wynika, jak wiadomo, z zakłóceń w metabolizmie roślin (6, 10, 13). W omawianych doświadczeniach właśnie w warunkach głodu siarkowego procentowy udział azotu białkowego w ogólnym był niski, co świadczyłoby o nieprawidłowym wykorzystaniu pobranego azotu. Zwiększenie zawartości siarki w środowisku wpłynęło na zmianę tej niepra-

Tab. 4. Zawartość procentowa siarki w masie vegetacyjnej koniczyny
The percentage content of sulphur in the clover and serradella

Stosowana dawka Dose	części nadziemne above ground parts	korzenie roots	wykorzystanie siarki utilization of sulphur %	Zawartość procentowa siarki	
				N ogólny S ogólna total N total S	części nadziemne above ground parts
29 IV — 28 VI 1970 r.					
Koniczyna					
1S/1N	0,13	0,02	87,00	26,81	0,12
1S/2N	0,07	0,02	95,00	51,10	0,07
1S/3N	0,10	0,02	80,20	45,15	0,08
2S/1N	0,32	0,04	42,13	10,43	0,43
2S/2N	0,39	0,05	64,80	9,06	0,44
2S/3N	0,27	0,04	40,70	15,80	0,39
3S/1N	0,37	0,09	22,41	8,96	0,47
3S/2N	0,40	0,09	32,57	9,29	0,48
3S/3N	0,36	0,07	29,30	11,67	0,45
Seradela —					
1S/1N	0,10	0,03	70,00	28,81	0,10
1S/2N	0,08	0,03	98,00	41,45	0,07
1S/3N	0,07	0,01	96,30	47,18	0,07
2S/1N	0,34	0,06	30,13	10,52	0,33
2S/2N	0,40	0,07	53,86	10,92	0,36
2S/3N	0,37	0,07	54,80	11,19	0,34
3S/1N	0,35	0,08	15,40	10,31	0,33
3S/2N	0,46	0,09	29,66	10,40	0,44
3S/3N	0,40	0,08	28,80	10,52	0,43

widłowości, czyli na podwyższenie procentowego udziału w plonach azotu białkowego. Ponieważ podobne zależności stwierdzono u innych roślin motylkowych, głównie lucerny, wydaje się, że wpływ siarki, wyrażający się wzmożoną produkcją związków białkowych, jest pewną prawidłowością u motylkowych (3, 6, 11, 12, 20).

Z przeprowadzonych badań wynika, że wykorzystanie przez rośliny azotu wiązane symbiotycznie było w porównaniu z azotem mineralnym w wyższym stopniu uzależnione od poziomu siarki w środowisku. O powyższej zależności świadczą dane wskazujące, że na brak siarki wrażliwsze były rośliny szczepione *Rhizobium* niż zasilane wyłącznie azotem mine-

i seradeli w zależności od zastosowanego żywienia azotowo-siarkowego
vegetative mass depending on the applied nitrogen-sulphur nutrition

Percentage content of sulphur

korzenie roots	wykorzysta- nie siarki utilization of sulphur %	N ogólny		części nadziemne above ground parts	korzenie roots	wykorzysta- nie siarki utilization of sulphur %	N ogólny		
		S ogólna total N total S	S ogólna total N total S						
				24 III — 23 V 1971 r.		20 IV — 18 VI 1972 r.			
— Clover									
0,03	91,00	30,35	0,10	0,02	76,00	32,87			
0,01	96,66	59,19	0,08	0,01	97,00	52,37			
0,01	96,00	85,00	0,06	0,02	96,00	45,65			
0,04	90,63	9,88	0,34	0,05	59,00	11,09			
0,05	96,10	12,99	0,33	0,05	75,00	14,13			
0,03	89,96	14,06	0,36	0,04	73,30	12,71			
0,07	39,96	10,52	0,39	0,09	33,30	10,35			
0,06	51,33	11,83	0,39	0,08	38,95	11,21			
0,05	44,13	13,05	0,40	0,07	40,66	11,46			
Serradella									
0,02	86,33	29,56	0,09	0,04	91,00	37,65			
0,02	80,66	56,68	0,07	0,03	95,33	64,10			
0,02	96,00	54,38	0,06	0,03	99,33	61,70			
0,06	40,63	12,84	0,34	0,09	40,56	11,98			
0,06	61,26	14,22	0,35	0,06	56,30	13,69			
0,04	68,70	14,48	0,36	0,06	66,43	12,71			
0,07	21,21	12,46	0,39	0,09	23,79	11,41			
0,09	37,73	11,51	0,46	0,10	33,30	11,04			
0,09	39,28	12,93	0,50	0,09	43,10	11,46			

ralnym. Ponadto dodatni wpływ siarki, wyrażający się wzmożonym gromadzeniem azotu białkowego w stosunku do ogólnego, wystąpił wyraźniej u roślin korzystających wyłącznie z azotu wiązanego symbiotycznie lub równocześnie mineralnego i wiązanego symbiotycznie (tab. 3).

Fakt, że przy optymalnej dawce siarki (30 mg/doniczkę) zależność ta wystąpiła wyraźniej u koniczyny niż seradeli, wynikał niewątpliwie z wyższych wymagań pokarmowych koniczyny w stosunku do wszystkich składników pokarmowych, a więc i siarki (9). Koniczyna bowiem okazała się rośliną bardziej wrażliwą na brak siarki niż seradela, która natomiast była bardziej tolerancyjna w stosunku do zwiększonej koncentracji tego skład-

nika w środowisku. Największa bowiem koncentracja siarki w mniejszym stopniu ograniczała plonowanie i gromadzenie azotu u seradeli niż koniczyny (tab. 2, ryc. 5 i 6).

Mimo jednak tego, że brak siarki w środowisku w wyższym stopniu ograniczał plonowanie i gromadzenie azotu u koniczyny niż seradeli, to wartość stosunku azotu ogólnego do siarki ogólnej (N/S) zgromadzonych przez rośliny poszczególnych serii doświadczalnych kształtowała się bardzo podobnie u obu roślin. W warunkach głodu siarkowego, a więc przy zakłóconym metabolizmie azotowym i niskiej produkcji masy vegetacyjnej, stwierdzano wysoki stosunek N/S. Natomiast u roślin, których metabolizm przebiegał prawidłowo, niezależnie od poziomu siarki w środowisku i zastosowanego żywienia azotowego, stosunek ten był znacznie niższy i wahał się w granicach 9—15.

W tych granicach mieścił się stosunek N/S uzyskany w doświadczeniach polowych i wazonowych z lucerną (3, 11). Stwierdzono, że na wartość wspomnianego stosunku wpływało nawożenie i w optymalnych warunkach wynosił on 11 (3). Zbliżone wartości uzyskaliśmy w wielu seriach doświadczeń w przypadku prawidłowego przebiegu vegetacji roślin. W świetle przytoczonych danych wydaje się, że dla roślin motylkowych o prawidłowym metabolizmie azotowym stosunek N/S jest względnie stały.

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań nad wpływem trzech koncentracji soli siarki (K_2SO_4) na wykorzystanie azotu mineralnego i wiązanego symbiotycznie przez koniczynę i seradelę można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Vegetacja oraz plonowanie koniczyny i seradeli zależało od obecności siarki w środowisku, przy czym w warunkach głodu siarkowego, niezależnie od zastosowanego żywienia azotowego, produkcja masy vegetacyjnej była zahamowana.

2. Brak siarki w wyższym stopniu ograniczał właściwe wykorzystanie przez rośliny azotu wiązanego symbiotycznie niż mineralnego. Wyrażało się to między innymi obniżoną zawartością azotu białkowego w stosunku do ogólnego w plonach roślin.

3. Udział procentowy w masie vegetacyjnej roślin azotu ogólnego i białkowego powiększał się wraz ze wzrostem koncentracji siarki w środowisku. Zależność ta dotyczyła w wyższym stopniu azotu białkowego niż ogólnego. Obfitość siarki w środowisku nie wpływała wyraźnie na zwiększone gromadzenie tego składnika w plonach.

4. Rośliny o prawidłowym przebiegu vegetacji charakteryzował względnie stały stosunek N/S w masie vegetacyjnej.

PIŚMIENNICTWO

1. Ashford R., Balton J.: Effects of Sulphur and Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Rhizobium meliloti* on the Growth of Sweet Clover (*Melilotus alba* Deser). *Canad. J. Plant Sci.* **41**, 81—90 (1961).
2. Cairnas R. R., Carson R. B.: Effect of Sulphur Treatments on Yield and Nitrogen and Sulphur Content of Alfalfa Grown on Sulphur-Deficient and Sulphur-Sufficient Grey Wooded Soils. *Canad. J. Plant Sci.* **41**, 709—715 (1961).
3. Caldwell A. C., Seim E. C., Rehm G. W.: Low Sulphur and Alfalfa. *Crops. a Soils.* **19** (1), 16—17 (1966).
4. Caldwell A. C., Seim E. C., Rehm G. W.: Sulphur Effects on the Elemental Composition of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) on Corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* **61** (4), 632—634 (1969).
5. Chaudhry I. A., Cornfield A. H.: The Determination of Total Sulphur in Soil and Plant Material. *The Analyst.* **91**, 528—529 (1966).
6. Dijkshoorn W., Van Wijk A. L.: The Sulphur Requirements of Plants as Evidenced by the Sulphur-Nitrogen Ratio in the Organic Matter. A Review of Published Data. *Plant and Soil* **26** (1), 129—157 (1967).
7. Goźliński H.: Działanie nawozowe siarki (SO_4) przy różnych poziomach nawożenia roślin azotem. *Roczn. Nauk Roln. seria A* **96** (4), 133—150 (1970).
8. Goźliński H.: Działanie nawozowe siarki (SO_4) przy różnych poziomach nawożenia azotem. *Roczn. Nauk Roln. seria A* **97** (1), 95—112 (1970).
9. Jones M. B., Ruckman J. E., Lawler O. W.: Critical Levels of Sulphur in Bur Clover. *Agron. J.* **64** (1), 55—57 (1972).
10. Koter M., Grzesiuk W.: Wpływ nawożenia siarką (CaSO_4) na wysokość i skład chemiczny plonu roślin. *Roczn. Nauk Roln. seria A* **91** (1), 43—52 (1966).
11. Pumphrey F. V., Moore D. F.: Diagnosing Sulphur Deficiency of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) from Plant Analysis. *Agron. J.* **57** (4), 364—366 (1965).
12. Pumphrey F. V., Moore D. F.: Sulphur and Nitrogen Content of Alfalfa Herbage during Growth. *Agron. J.* **57** (3), 237—239 (1965).
13. Randall P. J.: Restoration of Protein Level in Detached Leaves by Supply of Sulphate. *Plant and Soil* **31** (2), 385—388 (1969).
14. Rejman M.: Zagadnienie siarki w światowej literaturze rolniczej. *Post. Nauk Roln.* nr 5, 59—70 (1965).
15. Rendig V. V., Mc Comb E. A.: Effect of Nutritional Stress on Plant Composition. *Soil Sci. Soc. Amer. Prec.* **32**, 377—388 (1959).
16. Seidler M.: Działanie chloru i siarki na owies, grykę, gorczycę i seradelę. *WSR w Szczecinie, Rozprawy* nr 21, 1—81 (1970).
17. Stabrowska J.: Nowsze poglądy na przyswajanie azotu mineralnego przez rośliny wyższe. *Pam. Puławski* nr 6, 21—39 (1969).
18. Ulrich A., Tabatabai M. A., Okhi K.: Sulphur Content of Alfalfa in Relation to Growth in Filtered and Unfiltered sir. *Plant and Soil*, **26** (2), 235—252 (1967).
19. Uziak Z., Szymańska M.: Wpływ siarki na wykorzystanie azotu przez rośliny rzepaku. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio E*, **24**, 187—201 (1969).
20. Walker D. R., Bentley C. F.: Sulphur Fractions of Legumes as Indicators of Sulphur Deficiency. *Canad. J. Soil Sci.* **41**, 164—169 (1961).

РЕЗЮМЕ

Для того, чтобы определить влияние серы на использование минерального азота и азота, соединенного способом симбиоза мотыльковыми растениями, производились три вегетационных опыта с клевером и анчоусом, в которых применялось дифференцированное азотно-серное питание (таб. 1). Растения были собраны в начале цветения. В полученной сухой вегетационной массе определялось процентное содержание общего и белкового азота и общей серы (таб. 3 и 4). Сравнивая количество этих компонентов, накопленное в плодах, подсчитали отношения: N — общего (N — белковому и N — общего), S — общей. На основе полученных результатов можно установить следующие зависимости:

1. Производство вегетационной массы клевера и анчоуса, независимо от примененного азотного питания, в условиях серного голода было заторможено.

2. Отсутствие серы в большей степени органичивало правильное использование растениями азота, соединенного симбиозом, чем использование минерального азота. Выразилось это в пониженном содержании белкового азота по отношению к общему в растениях.

3. Процентное содержание общего и белкового азота в вегетационной массе растений увеличивается вместе с ростом серы в среде. Эта зависимость больше касается белкового азота, чем общего. Обилие серы в среде отчетливо не влияло на увеличенное накопление этого компонента в растениях.

4. Растения, у которых вегетация проходила правильно, характеризовались сравнительно постоянным отношением N/S в вегетационной массе.

SUMMARY

With the aim of defining the influence of sulphur on the utilization of mineral nitrogen and of that symbiotically assimilated by papilionaceous plants 3 vegetative experiments were carried out with clover and serradella, in which a varied nitrogen-sulphur nutrition was applied (Table. 1). The plants were collected when they began to blossom. In the dry vegetative mass the percentage content of total and protein nitrogen and total sulphur (Tables. 3 and 4) were determined. Comparing the amount of these elements accumulated in the crops the following proportions were calculated: total-N/protein-N and total-N/total-S. On the basis of the results received the following dependences can be ascertained:

1. The production of clover and serradella vegetative mass was inhibited in sulphur shortage irrespective of the applied nitrogen nutrition.

3. The lack of sulphur in a larger degree limited the appropriate utilization by plants of symbiotically assimilated nitrogen than mineral. This was expressed among others by a decrease in the protein nitrogen in relation to the total crop nitrogen. The percentage partition of total and protein nitrogen in the plant vegetative mass increased together with the sulphur concentration. In the medium this dependence is a larger degree concerned protein nitrogen than total. The abundance of sulphur in the medium did not distinctly influence the increased accumulation of this element in the crop. Plants of a normal vegetation were characterized by a relatively constant N/S partition in the vegetative mass.

1. Production of clover and lucerne biomass and yield of mineral nitrogen in crop of mineral nitrogen were inhibited in sulphur shortage.

2. On the average a higher degree of mineral nitrogen utilization was observed in clover and lucerne than in the corresponding mineral nitrogen. This is expressed in a lower content of mineral nitrogen in the total crop nitrogen and in a higher content of protein nitrogen in the total crop nitrogen.

3. Production of total and protein nitrogen in vegetative mass of clover and lucerne increased together with the growth of sulphur in the medium. This dependence is a larger degree concerned protein nitrogen than total. The abundance of sulphur in the medium did not distinctly influence the increased accumulation of this element in the crop.

4. Plants, in which a normal vegetation was proceeding, were characterized by a relatively constant N/S partition in the vegetative mass.

SUMMARY

With the aim to define the influence of sulphur on the utilization of mineral nitrogen and of that symbiotically assimilated by papilionaceous plants 3 vegetative experiments were carried out with clover and lucerne, in which a varied nitrogen-sulphur nutrition was applied (Table 1). The plants were collected when they began to blossom. In the dry vegetative mass the percentage content of total and protein nitrogen and total sulphur (Tables 3 and 4) were determined. Comparing the amount of these elements accumulated in the crops the following proportions were calculated: total-N/protein-N and total-N/total-S. On the basis of the results received the following dependences can be ascertained:

1. The production of clover and lucerne vegetative mass was inhibited in sulphur shortage irrespective of the applied nitrogen nutrition.